

## 明 細 書

## モータ制御装置

## 5 技術分野

この発明は、同期モータの制御を行うモータ制御装置に関し、特に制御対象である同期モータの  $d$   $q$  軸と制御の  $d$   $q$  軸との軸ずれ角を検出する軸ずれ検出部を備えたモータ制御装置に関する。

## 10 背景技術

同期モータのサーボ制御として、電流をモータの界磁磁束方向 ( $d$  軸) とそれに直交する方向 ( $q$  軸) とに分離して各々の電流制御を行う制御方式であるベクトル制御が一般に行われている。このベクトル制御においては、トルクを有効に発生させるために磁極位置の検出が必要となる。

- 15     また、リニアモータは、電源投入時にモータの絶対位置を検出できないインクリメンタルエンコーダと組み合わせて用いられることが多いが、インクリメンタルエンコーダは相対位置しか検出できないため、初期磁極位置の検出が必要となる。この初期磁極位置検出の精度が悪いと、実モータの  $d$   $q$  軸 ( $d_m - q_m$  軸) と制御の  $d$   $q$  軸 ( $d_c - q_c$  軸) とが
- 20     ずれてしまう軸ずれ現象が生じ、トルク制御精度の悪化や最大発生トルクの減少などの悪影響が発生する。

また、絶対値エンコーダを用いた場合には、絶対位置を検出できるので初期磁極位置検出の必要はないが、取り付け精度が悪い場合には同様の軸ずれが発生することになる。

25

エンコーダを同期モータに取り付けた時に存在する磁極位置のずれを

推定する従来技術として、特許文献 1（特開 2 0 0 1－2 0 4 1 9 0 号公報）に開示されたものがある。

特許文献 1 は、回転子の初期磁極位置を演算する手段を備えた同期モータの初期磁極位置推定値に基づくその誤差調整装置において、2 相指令電流の中で指令トルク電流はゼロに設定し、指令磁束電流は任意の有限な繰り返し波形に設定し、検出速度から角加速度を計算し、指令磁束電流と検出速度と角加速度とモータのイナーシャと粘性摩擦と摩擦トルクとの情報からモータ運動方程式で発生トルクを推定し、この推定トルクをトルク定数で割ってトルク電流を推定し、指令磁束電流と推定トルク電流を用いて初期磁極位置を推定し、その結果を表示させるというものである。

また、突極型同期モータの位置センサレス制御における回転子の磁極位置を推定し、磁極位置推定値により制御を行う従来技術として、特許文献 2（特開平 1 0－3 2 3 0 9 9 号公報）に開示されたモータ制御装置がある。

特許文献 2 は、直交する 2 軸座標系の一方の軸方向に推定用交流電流信号あるいは推定用交流電圧信号を印加し、他方の直交する軸方向の電流あるいは電圧により同期モータの磁極位置を推定する手段を有するモータ制御装置において、磁極位置推定手段は、推定用交流電流信号あるいは推定用交流電圧信号に対して、所定の位相のタイミングで検出された電流あるいは電圧の値を用いて磁極位置を推定するものである。

上記特許文献 1 における初期磁極位置推定装置においては、初期磁極推定式を用いてエンコーダを AC 同期モータに取り付けした時に存在する初期磁極位置のずれ角を正確に推定し、これを表示することによって、

初期磁極位置を正しく調整することが可能となるという効果があるが、指令トルク電流（q軸電流指令  $i_{qc}^*$ ）= 0 の時しか推定ができないため、速度制御などの通常動作中に推定ができないという問題点があった。

5 また、上記特許文献 1 における初期磁極位置推定装置においては、軸ずれ角を表示し、エンコーダを取り付けなおした後、再び軸ずれ角を推定するという一連の作業を繰り返す必要があり、非効率な作業が発生するという問題点があった。

10 また、上記特許文献 1 における初期磁極位置推定装置においては、軸ずれ角を推定する過程で割り算を使用しているため、ノイズや摩擦変動や定常外乱負荷などに対するロバスト性が低いという問題点があった。

また、上記特許文献 1 における初期磁極位置推定装置においては、軸ずれ角の推定にイナーシャや摩擦などの定数が必要となるため、正確な定数が求まらない場合には推定精度が大幅に劣化するという問題点があった。

15

また、上記特許文献 2 におけるモータ制御装置は、推定用信号によって流れる他方の直交する軸の電流を所定の位相で検出し乗算演算を行うことにより、簡易な方法で同期モータの磁極位置を推定することができるが、速度検出器または位置検出器を含まない構成であり、速度フィードバック情報が利用できないため、実際の速度変動もしくは位置変動を検出できないので、磁極位置推定の精度を上げにくいという問題点があった。

20 また、上記特許文献 2 におけるモータ制御装置においては、電氣的突極性を利用するため、電氣的突極性のないモータや小さいモータでは検出が困難であるという問題点があった。

また、上記特許文献 2 におけるモータ制御装置においては、電氣的に

閉じた特性を利用するため、電流フィードバックしか利用できない（電流指令を利用できない）ので、電流検出ノイズの影響を受けるという問題点があった。

また、上記特許文献 2 におけるモータ制御装置においては、重畳信号  
5 と検出信号が同位相ではないので、ある特定での位相タイミングで検出  
するとか、ピーク値や変化率を演算するなどの工夫が必要となり、シー  
ケンスが複雑になるという問題点があった。

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、第  
10 1 の目的は、同期モータのベクトル制御において、簡単な構成で速度制  
御などの通常動作中に初期磁極位置を推定できるモータ制御装置を得る  
ものである。

また、第 2 の目的は軸ずれ角を推定するにおいて割り算を使用しない  
モータ制御装置を得るものである。

15 また、第 3 の目的はモータ定数を利用しなくても初期磁極位置を推定  
できるモータ制御装置を得るものである。

また、第 4 の目的はデータ取得タイミングを得るための複雑なシーケ  
ンスを使用せずに、軸ずれ角を推定するための必要なデータが取得でき  
るモータ制御装置を得るものである。

20

## 発明の開示

この発明のモータ制御装置は、検出器で検出したモータまたはモータ  
に接続された負荷の位置である検出位置から実速度を演算する速度演算  
部と、この実速度が速度指令に追従するように速度制御を行い、 $q$  軸電  
25 流指令を出力する速度制御部と、インバータ内で検出した三相電流を入  
力し、 $uvw$  三相静止座標系から  $dq$  同期回転座標系への座標変換を行

って、d 軸電流と q 軸電流とを出力する u v w / d q 座標変換部と、d 軸電流指令と前記 q 軸電流指令と前記 d 軸電流フィードバックと前記 q 軸電流フィードバックとを入力し、d q 軸実電流が d q 軸電流指令に一致するように電流制御を行い、d 軸電圧指令と q 軸電圧指令とを出力する電流制御部と、前記 d 軸電圧指令と前記 q 軸電圧指令と検出位置とを入力し、d q 同期回転座標系から u v w 三相静止座標系への座標変換を行って、三相電圧指令を出力する d q / u v w 座標変換部と、この三相電圧指令を入力し、実際の三相電圧をモータに与えて、このモータを可変速駆動するインバータと、を有するモータ制御装置において、三角波または正弦波等の繰り返し波形の重畳信号を出力する重畳信号生成部と、d 軸電流指令に、前記重畳信号生成部で生成した重畳信号を加算して、d 軸電流指令を出力する d 軸電流指令生成部と、この d 軸電流指令と前記 q 軸電流指令とを入力して、軸ずれ角推定値を出力する軸ずれ検出部と、を備えたので、軸ずれ検出に際して実電流を使用しなくともよく、一般的なサーボ制御ループに軸ずれ検出部を追加しただけの構成で、電流検出ノイズの影響を受けない精度のよい検出ができるという効果がある。また、速度制御系を組んでいるので、軸ずれが存在しない場合にはほとんど速度偏差が生じないため、ほぼ停止状態で軸ずれ検出ができるという効果がある。また、軸ずれ検出において、d 軸電流指令と q 軸電流指令または、トルク電流誤差というほぼ位相が一致（同相もしくは逆相）しているデータを使用するようにしたので、通常動作中の任意タイミングの演算でリアルタイムに検出することができるという効果がある。

また、位置指令と前記検出器で検出した検出位置とを入力し、検出位置が位置指令に追従するように位置制御を行い、速度指令を前記速度制御部に出力する位置制御部を備え、前記重畳信号生成部は三角波または



正弦波等の繰り返し波形の重畳信号を出力するようにしたので、通常の位置制御動作を行いながら軸ずれの検出ができるという効果がある。また、位置ループを組むことにより、軸ずれ検出または補正後の最終的な絶対位置がずれる心配がないので、初期絶対位置を確保しながら補正したい場合など、初期位置から移動させたくない用途に使用できる。また、絶対位置および位置指令に対する偏差を観測できるので、例えば偏差過大時にアラームでストップさせるとか、偏差の大きさに応じて重畳信号を変更するとかの対応ができる。

10      また、この発明のモータ制御装置は、検出器で検出したモータまたはモータに接続された負荷の位置である検出位置から実速度を演算する速度演算部と、インバータ内で検出した三相電流を入力し、 $u\ v\ w$ 三相静止座標系から $d\ q$ 同期回転座標系への座標変換を行って、 $d$ 軸電流と $q$ 軸電流とを出力する $u\ v\ w / d\ q$ 座標変換部と、 $d$ 軸電流指令と $q$ 軸電流指令と前記 $d$ 軸電流フィードバックと前記 $q$ 軸電流フィードバックとを入力し、 $d\ q$ 軸実電流が $d\ q$ 軸電流指令に一致するように電流制御を行い、 $d$ 軸電圧指令と $q$ 軸電圧指令とを出力する電流制御部と、前記 $d$ 軸電圧指令と前記 $q$ 軸電圧指令と検出位置とを入力し、 $d\ q$ 同期回転座標系から $u\ v\ w$ 三相静止座標系への座標変換を行って、三相電圧指令を出力する $d\ q / u\ v\ w$ 座標変換部と、この三相電圧指令を入力し、実際の三相電圧をモータに与えて、このモータを可変速駆動するインバータと、を有するモータ制御装置において、三角波または正弦波等の繰り返し波形の重畳信号を出力する重畳信号生成部と、 $d$ 軸電流指令に、重畳信号生成部で生成した重畳信号  $i_{dh}$  を加算して、 $d$ 軸電流指令を出力する $d$ 軸電流指令生成部と、速度演算部から出力される実速度と $q$ 軸電流指令とを入力し、実際にモータで発生しているトルク電流誤差を推定す

るトルク電流誤差演算部と、前記d軸電流指令と前記トルク電流誤差とを  
を入力して、軸ずれ角推定値を出力する軸ずれ検出部と、を備えたので、  
トルク指令が入っている通常動作状態で使用できるという効果がある。  
また、q軸電流指令でなくトルク電流誤差の演算値を利用するので、軸  
5 ずれ角の絶対値が90度以上の場合においても、正しく軸ずれ検出がで  
きるという効果がある。

さらに、実速度が速度指令に追従するように速度制御を行い、q軸電  
流指令を出力する速度制御部を備え、前記重畳信号生成部は三角波また  
10 は正弦波等の繰り返し波形の重畳信号を出力するようにしたので、実速  
度に基づいて実モータのトルク電流誤差を演算してそれを用いて軸ずれ  
検出を行うことができ、速度制御応答が上げられず速度制御帯域が低い  
場合にも軸ずれ検出が可能となる。

さらにまた、前記軸ずれ検出部から出力された軸ずれ角推定値と前記  
検出器で検出した検出位置とを入力して、補正後の位置を演算し、前記  
dq/uvw座標変換部および前記uvw/dq座標変換部に出力する  
軸ずれ補正部を備え、前記dq/uvw座標変換部および前記uvw/  
dq座標変換部は補正後の位置に基づき座標変換を行うようにしたので、  
20 一旦取り付けたエンコーダを取り付けなおさなくとも良く、作業性がよ  
くなるという効果がある。また、軸ずれ検出において、d軸電流指令と  
q軸電流指令または、トルク電流誤差というほぼ位相が一致（同相もし  
くは逆相）しているデータを使用するようにしたので、通常動作中の任  
意タイミングの演算でリアルタイムに補正することができるという効果  
25 がある。

また、前記軸ずれ検出部は、d 軸電流指令をフィルタ処理を行い、軸  
ずれ検出用 d 軸信号を出力する第 1 の入力フィルタと、q 軸電流指令ま  
たは、トルク電流誤差をフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用 q 軸信号を  
出力する第 2 の入力フィルタと、前記軸ずれ検出用 d 軸信号と前記軸ず  
5 れ検出用 q 軸信号とを乗算して適応入力を演算する適応入力演算部と、  
この適応入力にゲインを掛けて積分入力を生成するゲイン部と、この積  
分入力を積分して軸ずれ角推定値を出力する積分器と、を備えたので、  
フィルタを利用して軸ずれ検出に必要な信号のみを分離することが可能  
なため、通常運転動作（速度制御動作）中にも軸ずれの検出および補正  
10 ができるという効果がある。また、モータ定数を利用しなくても初期磁  
極位置を推定できるので、モータ定数誤差の影響を受けないという効果  
がある。

また、前記軸ずれ検出部は、d 軸電流指令をフィルタ処理を行い、軸  
15 ずれ検出用 d 軸信号を出力する第 1 の入力フィルタと、この軸ずれ検出  
用 d 軸信号の関数を演算する可変ゲイン演算部と、q 軸電流指令または、  
トルク電流誤差をフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用 q 軸信号を出力す  
る第 2 の入力フィルタと、前記軸ずれ検出用 d 軸信号の関数と前記軸ず  
れ検出用 q 軸信号とを乗算して適応入力を演算する適応入力演算部と、  
20 この積分入力を積分して軸ずれ角推定値を出力する積分器と、  
を備えたので、可変ゲイン演算部で演算する関数の作り方によって精度、  
収束速度を容易に向上させることができるという効果がある。

また、前記軸ずれ検出部は、d 軸電流指令をフィルタ処理を行い、軸  
25 ずれ検出用 d 軸信号を出力する第 1 の入力フィルタと、この軸ずれ検出  
用 d 軸信号の符号を検出し、符号付きの軸ずれ検出用 d 軸信号を出力す



る第1の符号検出器と、q軸電流指令または、トルク電流誤差をフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用q軸信号を出力する第2の入力フィルタと、この軸ずれ検出用q軸信号の符号を検出し、符号付きの軸ずれ検出用q軸信号を出力する第2の符号検出器と、前記符号付きの軸ずれ検出用d軸信号と前記符号付きの軸ずれ検出用q軸信号とを乗算して符号付きの適応入力を演算する適応入力演算部と、この符号付きの適応入力にゲインを掛けて積分入力を生成するゲイン部と、この積分入力を積分して軸ずれ角推定値を出力する積分器と、を備えたので、パルス状の外乱に強くなるという効果もある。

10

また、前記軸ずれ検出部は、d軸電流指令をフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用d軸信号を出力する第1の入力フィルタと、q軸電流指令または、トルク電流誤差をフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用q軸信号を出力する第2の入力フィルタと、前記入力フィルタでフィルタ処理を行った軸ずれ検出用d軸信号と後述の軸ずれ角推定値とを乗算し、推定出力を出力する推定出力演算部と、前記入力フィルタでフィルタ処理を行った軸ずれ検出用q軸信号と前記推定出力演算部から出力された推定出力との差を取って軸ずれ誤差を出力する軸ずれ誤差演算部と、この軸ずれ誤差演算部から出力された軸ずれ誤差にゲインを掛けて積分入力を出力する可変ゲイン部と、この可変ゲイン部から出力された積分入力を積分して軸ずれ角推定値を得る積分器と、を備えたので、ノイズの影響を抑えることができ、精度のよい軸ずれ検出ができるという効果がある。さらに、リアルタイム補正を行いながら検出することが可能であり、また補正せずに軸ずれ角の検出のみを行うことも可能となるので、適用可能範囲が広がるという効果もある。

25

また、この発明のモータ制御装置は、検出器で検出したモータまたはモータに接続された負荷の位置である検出位置から実速度を演算する速度演算部と、インバータ内で検出した三相電流を入力し、 $uvw$ 三相静止座標系から $dq$ 同期回転座標系への座標変換を行って、 $d$ 軸電流と $q$ 軸電流とを出力する $uvw/dq$ 座標変換部と、 $d$ 軸電流指令と $q$ 軸電流指令と前記 $d$ 軸電流フィードバックと前記 $q$ 軸電流フィードバックとを入力し、 $dq$ 軸実電流が $dq$ 軸電流指令に一致するように電流制御を行い、 $d$ 軸電圧指令と $q$ 軸電圧指令とを出力する電流制御部と、前記 $d$ 軸電圧指令と前記 $q$ 軸電圧指令と検出位置とを入力し、 $dq$ 同期回転座標系から $uvw$ 三相静止座標系への座標変換を行って、三相電圧指令を出力する $dq/uvw$ 座標変換部と、この三相電圧指令を入力し、実際の三相電圧をモータに与えて、このモータを可変速駆動するインバータと、を有するモータ制御装置において、 $q$ 軸電流指令を零に設定するとともに三角波または正弦波等の繰り返し波形の重畳信号を出力する重畳信号生成部と、 $d$ 軸電流指令に、重畳信号生成部で生成した重畳信号を加算して、 $d$ 軸電流指令を出力する $d$ 軸電流指令生成部と、この $d$ 軸電流指令と前記 $q$ 軸電流指令とを入力して、軸ずれ角推定値を出力する軸ずれ検出部と、この軸ずれ角推定値を表示する表示部と、この軸ずれ角推定値を格納するメモリと、このメモリに格納された軸ずれ角推定値と前記検出位置とを入力して、補正後の位置を出力する軸ずれ補正部と、を備えたので、エンコーダを取り付けなおした後、再び軸ずれ角を推定するという一連の作業を省けるという効果がある。

#### 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の実施の形態1に係るモータ制御装置の構成を示す図である。

第2図はこの発明の実施の形態1に係るモータ制御装置における軸ずれ検出部11aの構成の一例を示す図である。

第3図は実モータのdq軸(dm-qm軸)と制御のdq軸(dc-qc軸)との関係を説明する図である。

5 第4図はこの発明の実施の形態2に係るモータ制御装置における軸ずれ検出部11bの構成の一例を示す図である。

第5図はこの発明の実施の形態3に係るモータ制御装置における軸ずれ検出部11cの構成の一例を示す図である。

10 第6図はこの発明の実施の形態4に係るモータ制御装置における軸ずれ検出部11dの構成の一例を示す図である。

第7図はこの発明の実施の形態5に係るモータ制御装置の構成を示す図である。

第8図はこの発明の実施の形態6に係るモータ制御装置の構成を示す図である。

15 第9図はこの発明の実施の形態7に係るモータ制御装置の構成を説明する図である。

第10図はこの発明の実施の形態8に係るモータ制御装置の構成を示す図である。

## 20 発明を実施するための最良の形態

実施の形態1..

第1図はこの発明の実施の形態1に係るモータ制御装置の構成を示す図である。また、第2図はこの発明の実施の形態1に係るモータ制御装置における軸ずれ検出部の構成の一例を示す図である。また、第3図は  
25 実モータのdq軸(dm-qm軸)と制御のdq軸(dc-qc軸)との関係を説明する図である。

第1図～第3図により実施の形態1に係るモータ制御装置の処理動作について説明する。

第1図において、速度制御部1は速度指令 $w_m^*$ と実速度 $w_m$ を入力し、実速度 $w_m$ が速度指令 $w_m^*$ に追従するようにPI制御等を利用して速度制御を行いq軸電流指令 $i_{qc}^*$ を出力する。また、電流制御部2は、d軸電流指令 $i_{dc}^*$ とq軸電流指令 $i_{qc}^*$ とd軸電流フィードバック $i_{dc}$ とq軸電流フィードバック $i_{qc}$ とを入力し、例えば各軸PI制御や電圧フィードフォワード制御（非干渉制御）などを利用してdq軸実電流がdq軸電流指令に一致するように電流制御を行い、d軸電圧指令 $v_{d^*}$ とq軸電圧指令 $v_{q^*}$ とを出力する。また、dq/uvw座標変換部3は、d軸電圧指令 $v_{d^*}$ とq軸電圧指令 $v_{q^*}$ と検出位置とを入力し、dq同期回転座標系からuvw三相静止座標系への座標変換を行って、三相電圧指令 $v_{u^*}$ 、 $v_{v^*}$ 、 $v_{w^*}$ を出力する。また、インバータ4は三相電圧指令 $v_{u^*}$ 、 $v_{v^*}$ 、 $v_{w^*}$ を入力し、実際の三相電圧をモータ5に与えて、モータ5を可変速駆動する。

また、uvw/dq座標変換部6はインバータ4内で検出した三相電流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ を入力し、uvw三相静止座標系からdq同期回転座標系への座標変換を行って、d軸電流 $i_{dc}$ とq軸電流 $i_{qc}$ とを電流制御部2に出力する。また、速度演算部7は、検出器8で検出したモータ5またはモータ5に接続された負荷の位置である実検出位置 $\theta_m$ から、一般的には差分+フィルタを用いて実速度 $w_m$ を演算し、速度制御部1に出力する。

次に、実施の形態1に係るモータ制御装置のモータ制御の軸ずれ検出方式について説明する。

モータの速度制御時に、重畳信号生成部9は、三角波または正弦波等

の繰り返し波形の重畳信号  $i_{dh}$  を出力する。d 軸電流指令生成部 10 では、d 軸電流指令  $i_{dc}^*$  0 に、重畳信号生成部 9 d で生成した重畳信号  $i_{dh}$  を加算して、d 軸電流指令  $i_{dc}^*$  を出力する。また、軸ずれ検出部 11 (11 a、11 b、11 c) は、d 軸電流指令  $i_{dc}^*$  と q 軸電流指令  $i_{qc}^*$  とを入力して、軸ずれ角推定値  $\Delta \theta^{\wedge}$  を出力する。また、軸ずれ補正部 12 は、軸ずれ角推定値  $\Delta \theta^{\wedge}$  と実検出位置  $\theta_m$  とを入力して、補正後の位置  $\theta_m'$  を出力する。

次に、軸ずれ検出部の処理動作について第 2 図により説明する。

10 第 2 図において、第 1 の入力フィルタとしての入力フィルタ 101、第 2 の入力フィルタとしての入力フィルタ 102 で、軸ずれ検出部 11 a に入力される d 軸電流指令  $i_{dc}^*$  と q 軸電流指令  $i_{qc}^*$  (または、トルク電流誤差  $i_{qm}$ ) とに対してフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用 d 軸信号  $i_{dh}$  と軸ずれ検出用 q 軸信号  $i_{qh}$  とを出力する。入力フィルタ 101、102 のフィルタ特性は基本的には共通であり、軸ずれ検出に利用  
15 する周波数成分を抜き出すバンドパスフィルタなどが選択される。

次に、適応入力演算部 103 a で、軸ずれ検出用 d 軸信号  $i_{dh}$  と軸ずれ検出用 q 軸信号  $i_{qh}$  とを乗算して適応入力 ( $i_{dh} \times i_{qh}$ ) を演算する。次に、ゲイン部 104 で、適応入力 ( $i_{dh} \times i_{qh}$ ) にゲインを掛けて積分入力を生成し、積分器 105 はその値を積分して軸ずれ角推定値  $\Delta \theta^{\wedge}$  を出力する。  
20

軸ずれ角  $\Delta \theta$  とすると、d 軸電流指令  $i_{dc}^*$  に交流の重畳信号  $i_{dh}$  を印加した場合、モータには下式 (1) のトルク分電流誤差  $i_{qm}$  が発生する。重畳信号の周波数は数 10 Hz が好ましい。  
25

$$i_{qm} = i_{dh} \cdot \sin \Delta \theta \quad \dots (1)$$



ここで、負荷が理想的なイナーシャのみと仮定すると、このトルクに応じて速度変動が発生する。さらに、実施の形態1のように速度制御系を組み、かつその帯域が十分に高ければ、結果として交流の重畳信号  $i_{dh}$  によって生じるトルク分電流誤差  $i_{qm}$  を打ち消すような  $q$  軸電流変動  $i_{qh}$  が発生する。

$$i_{qh} = i_{qm} \cdot \cos \Delta \theta \quad \dots (2)$$

軸ずれ角がある程度小さいと仮定すると、 $q$  軸電流変動  $i_{qh}$  は下式 (3) に近似することができる。

$$i_{qh} \approx i_{qm} \approx i_{dh} \cdot \Delta \theta \quad \dots (3)$$

10

また、第3図により、実モータの  $dq$  軸 ( $d_m - q_m$  軸) と制御の  $dq$  軸 ( $d_c - q_c$  軸) との関係を説明する。第3図 (a) は軸ずれ角  $\Delta \theta$  が  $0 < \Delta \theta < \pi/2$  の場合、第3図 (b) は軸ずれ角  $\Delta \theta$  が  $-\pi/2 < \Delta \theta < 0$  の場合の関係を示す図である。第3図に示すように、軸ずれ検出用  $d$  軸信号  $i_{dh}$  と  $q$  軸電流変動  $i_{qh}$  とは、 $\Delta \theta$  の極性に依じて、同相または逆相の関係となり、適応入力演算部 103 で演算した適応入力 ( $i_{dh} \times i_{qh}$ ) が正の時は  $\Delta \theta > 0$ 、また適応入力演算部 103 で演算した適応入力 ( $i_{dh} \times i_{qh}$ ) が負の時は  $\Delta \theta < 0$  となる。

20 適応入力 ( $i_{dh} \times i_{qh}$ ) をゲイン部 104、積分器 105 で、積分補償して演算した軸ずれ角推定値  $\Delta \theta^*$  を、第1図の軸ずれ補正部 12 で検出位置  $\theta_m$  を補正することにより、適応的に軸ずれ角  $\Delta \theta$  を  $\Delta \theta \rightarrow 0$  に収束させることが可能となる。

これを式で示すと下式 (4) となる。  $K$  は積分ゲイン、 $s$  は微分演算子である。

$$\Delta \theta^* = (K/s) \cdot (i_{dh} \times i_{qh}) \quad \dots (4)$$

上記の処理により軸ずれ角を検出、補正することが可能である。

実施の形態1では、d軸電流を流した場合、ベクトル制御が正しく動作しておりモータの $d_m - q_m$ 軸と制御の $d_c - q_c$ 軸とが一致している場合にはトルクが発生しないが、軸ずれが存在する場合には、d軸電流の一部がモータのq軸電流になるためトルクが発生し、機械的な応答が得られることを利用して軸ずれ検出を行うようにしたものである。実施の形態1の軸ずれ検出方式は、あらかじめ初期軸ずれ角を $\pm\pi/2$ 未満程度にラフに導出した後に用いる。

10 また、実施の形態1は、q軸電流指令 $i_{qc}^* = \text{トルク電流誤差 } i_{qm}$ として、処理した例である。

実施の形態1に係るモータ制御装置においては、速度制御時に軸ずれ角を検出するので、静止摩擦の影響が小さくなり、小さな印加重畳信号  
15 で高精度な軸ずれ検出ができるという効果がある。

また、実施の形態1に係るモータ制御装置においては、フィルタを利用して軸ずれ検出に必要な信号のみを分離することが可能なため、通常運転動作（速度制御動作）中にも軸ずれの検出および補正ができるという効果がある。また、例えば原点復帰動作による一定速駆動などの速度  
20 非零状態で用いれば、静止摩擦の影響が入らず、小さな重畳信号でも極めて精度の良い軸ずれの検出および補正ができるという効果がある。

また、実施の形態1に係るモータ制御装置においては、速度制御系を組んでいるため、軸ずれが存在しない場合にはほとんど速度偏差が生じ  
25 ないので、軸ずれ検出に伴い位置変動を発生させることがなく、また速度指令零または位置指令零の場合ではほぼ停止状態で軸ずれ検出ができ

るという効果がある。

また、実施の形態 1 に係るモータ制御装置においては、積分項に自動的に軸ずれ角が格納する形になるので、その値をメモリ等に保持しておき補正することができるので、一旦取り付けたエンコーダを取り付けな  
5 おさなくとも良く、作業性がよくなるという効果がある。

また、実施の形態 1 に係るモータ制御装置においては、モータ定数を利用しなくても初期磁極位置を推定できるので、モータ定数誤差の影響を受けないという効果がある。

また、実施の形態 1 に係るモータ制御装置においては、一般的なサー  
10 ボ制御ループに軸ずれ検出部を追加しただけの構成でよく、ソフトウェア負荷が非常に小さくてすむという効果がある。

また、実施の形態 1 に係るモータ制御装置における軸ずれ検出部は、割り算およびアークサインを利用せず、掛け算と積分器のみという単純な構成としたので、演算負荷が軽減され、極めて短時間でリアルタイム  
15 に精度よく補正ができるという効果がある。さらに、割り算で直接値を求めるのではなく適応的に検出を行うので、精度が高い軸ずれ検出ができるという効果がある。

また、実施の形態 1 に係るモータ制御装置における軸ずれ検出では、速度フィードバックに基づく変数（機械的な特性）を利用でき、モータ  
20 の電氣的突極性を利用しないので、電流検出ノイズの影響を受けず精度の高い検出ができるという効果があり、表面磁石モータなどの非突極性モータでも利用することができる。

また、実施の形態 1 に係るモータ制御装置における軸ずれ検出部は、  
25 実電流を使用せず、電流指令を使用するようにしたので、電流検出ノイズの影響を受けない精度のよい検出ができるという効果がある。

また、実施の形態1に係るモータ制御装置における軸ずれ検出部は、第3図に示すように、d軸電流指令  $i_{dc}^*$  と q 軸電流指令  $i_{qc}^*$  (または、トルク電流誤差  $i_{qm}$ ) というほぼ位相が一致 (同相もしくは逆相) しているデータを使用するようにしたので、ピーク値や変化率を検出した  
5 り、またある位相のタイミングで検出するなどの工夫が不要であり、任意タイミングの演算でリアルタイムに検出または補正することができるという効果がある。

ところで、実施の形態1では、軸ずれ検出用 d 軸信号  $i_{dh}$  と q 軸電流  
10 変動  $i_{qh}$  との積である適応入力 ( $i_{dh} \times i_{qh}$ ) を使用した例で説明したが、q 軸電流変動  $i_{qh}$  のみを使用した場合には、軸ずれ検出用 d 軸信号  $i_{dh}$  または q 軸電流変動  $i_{qh}$  の符号に応じて積分ゲイン  $K$  を変更する。

また、第2図で示した軸ずれ検出部の構成例では、d 軸電流指令  $i_{dc}$   
15 \*大の場合に、積分入力大となるが、これは入力信号大ほど適応ゲイン大であることと等価であり、精度及び収束速度が向上することになる。

ところで、上記説明では、軸ずれ検出部の構成として積分補償器を使用した例について述べたが、比例積分補償器等を用いれば初期応答が改  
20 善されることは言うまでもない。

## 実施の形態2.

次に、第4図により、実施の形態2に係るモータ制御装置における軸  
ずれ検出部 11b の処理動作について説明する。第4図において、10  
25 1、102、104、105 は第2図と同様であり、その説明を省略する。第4図に示す軸ずれ検出部 11b は、第2図に示した軸ずれ検出部

11aにおける入力フィルタ101、102と適応入力演算部103aとの間に第1の符号検出器としての符号検出器106、第2の符号検出器としての符号検出器107を挿入した構成である。

入力フィルタ101、102でフィルタ処理を行った軸ずれ検出用d軸信号 $i_{dh}$ と軸ずれ検出用q軸信号 $i_{qh}$ とを入力し、符号検出器106、107で符号を検出し、符号付きの軸ずれ検出用d軸信号 $sign(i_{dh})$ 、符号付きの軸ずれ検出用q軸信号 $sign(i_{qh})$ として適応入力演算部103bに出力する。適応入力演算部103bで、符号付きの軸ずれ検出用d軸信号 $sign(i_{dh})$ と符号付きの軸ずれ検出用q軸信号 $sign(i_{qh})$ とを乗算して符号付きの適応入力( $i_{dh} \times i_{qh}$ )を演算する。次に、ゲイン部104で、符号付きの適応入力( $i_{dh} \times i_{qh}$ )にゲインを掛けて積分入力を生成し、積分器105はその値を積分して軸ずれ角推定値 $\Delta\theta$ を出力する。

15 実施の形態1に係るモータ制御装置における軸ずれ検出部11aの適応入力演算部103aでは、入力フィルタ101、102でフィルタ処理を行った軸ずれ検出用d軸信号 $i_{dh}$ と軸ずれ検出用q軸信号 $i_{qh}$ とを乗算して適応入力( $i_{dh} \times i_{qh}$ )を演算したのに対し、実施の形態2に係るモータ制御装置における軸ずれ検出部11bの適応入力演算部20 103bでは、符号検出器106、107の出力である符号付きの軸ずれ検出用d軸信号 $sign(i_{dh})$ と符号付きの軸ずれ検出用q軸信号 $sign(i_{qh})$ とを乗算するようにしたものであり、動作原理は同一である。

上記の第4図では、軸ずれ検出用d軸信号 $i_{dh}$ と軸ずれ検出用q軸信号 $i_{qh}$ との両者の符号を取った例で説明したが、どちらか一方の符号を取った場合には、収束特性が異なるが同様の動作を行うことができる。



実施の形態2に係る軸ずれ検出部は、入力フィルタ101、102と  
適応入力演算部103aとの間に符号検出器106、107を挿入する  
構成としたので、後ろの演算負荷を軽減することができるという効果が  
5 ある。また、符号を用いるようにしたので、パルス状の外乱に強くなる  
という効果もある。

ところで、上記説明では、積分補償器を使用した例について述べたが、  
比例積分補償器等を用いれば初期応答が改善されることは言うまでもな  
10 い。

### 実施の形態3.

次に、第5図により、実施の形態3に係るモータ制御装置における軸  
ずれ検出部11cの処理動作について説明する。

15 入力フィルタ101、102で、軸ずれ検出部11cに入力されるd  
軸電流指令 $i_{dc}^*$ とq軸電流指令 $i_{qc}^*$ （または、トルク電流誤差 $i_{qm}$ ）  
とに対してフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用d軸信号 $i_{dh}$ と軸  
ずれ検出用q軸信号 $i_{qh}$ とを出力する。

推定出力演算部108は、入力フィルタ101でフィルタ処理を行っ  
20 た軸ずれ検出用d軸信号 $i_{dh}$ と後述の軸ずれ角推定値 $\Delta\theta^*$ とを乗算し、  
推定出力( $i_{dh} \times \Delta\theta^*$ )を出力する。また、軸ずれ誤差演算部109は、  
入力フィルタ102でフィルタ処理を行った軸ずれ検出用q軸信号 $i_{qh}$   
と推定出力演算部108から出力された推定出力( $i_{dh} \times \Delta\theta^*$ )との差  
を取って軸ずれ誤差を出力する。また、可変ゲイン部110は、軸ずれ  
25 誤差演算部109から出力された軸ずれ誤差にゲインを掛けて積分入力  
を出力し、積分器111は可変ゲイン部110から出力された積分入力

を積分して軸ずれ角推定値 $\Delta \theta^*$ を得る。

上記を離散時間の漸化式で表現すると下式(5)となる。可変ゲイン  
Gは固定ゲインまたは下式(6)を用いる。下式(5)、(6)は固定  
トレース法と呼ばれる統計的手法を利用したものである。また、P0は  
5 係数である。

$$\begin{aligned} \Delta \theta^* [k] &= \Delta \theta^* [k-1] \\ &+ G [k] (i_{qh} [k] - i_{dh} [k] \cdot \Delta \theta^* [k-1]) \cdots (5) \\ G [k] &= P0 \cdot i_{qh} [k] \cdots (6) \end{aligned}$$

- 10 実施の形態3に係る軸ずれ検出部は、軸ずれ検出において割り算を使用せず、統計的手法を用いたので、ノイズの影響を抑えることができ、精度のよい軸ずれ検出ができるという効果がある。さらに、リアルタイム補正を行いながら検出することが可能であり、また補正せずに軸ずれ角の検出のみを行うことも可能となるので、適用可能範囲が広がるという効果もある。
- 15

ところで、上記説明では、積分補償器を使用した例について述べたが、比例積分補償器等を用いれば初期応答が改善されることは言うまでもない。

20

実施の形態4.

- 次に、第6図により、実施の形態4に係るモータ制御装置における軸  
ずれ検出部11dの処理動作について説明する。第6図は、第2図に示  
した軸ずれ検出部11aにおける入力フィルタ101の後段に可変ゲイ  
ン演算部112を設け、ゲイン104を省略した構成である。
- 25

第6図において、第1の入力フィルタとしての入力フィルタ101で、

軸ずれ検出部 11a に入力される d 軸電流指令  $i_{dc}^*$  に対してフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用 d 軸信号  $i_{dh}$  を出力する。可変ゲイン演算部 112 では、関数  $G(i_{dh})$  またはテーブルにより入力フィルタ 101 から出力された軸ずれ検出用 d 軸信号  $i_{dh}$  から関数  $G(i_{dh})$  を演算する。また、第 2 の入力フィルタとしての入力フィルタ 102 で、軸ずれ検出部 11a に入力される q 軸電流指令  $i_{qc}^*$  (または、トルク電流誤差  $i_{qm}$ ) に対してフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用 q 軸信号  $i_{qh}$  を出力する。入力フィルタ 101、102 のフィルタ特性は基本的には共通であり、軸ずれ検出に利用する周波数成分を抜き出すバンドパス  
5  
10 フィルタなどが選択される。

次に、適応入力演算部 113 で、関数  $G(i_{dh})$  と軸ずれ検出用 q 軸信号  $i_{qh}$  とを乗算して適応入力 ( $G(i_{dh}) \times i_{qh}$ ) を演算する。次に、積分器 114 はその値を積分して軸ずれ角推定値  $\Delta \theta$  を出力する。

15 実施の形態 4 においては、関数の作り方によって精度、収束速度を容易に向上させることができるという効果がある。例えば、収束を早くさせたい場合には、例えば図 (b) に示す関数を使用して、 $i_{dh}$  が大きいところでゲインをより大きくさせることにより、感度が増すようにして、収束を早くすることができる。

20

実施の形態 4 の軸ずれ検出部 11d において、関数  $G(i_{dh})$  部 112 における関数を  $G(i_{dh}) = K \times i_{dh}$  とすると、第 2 図と同等の構成になる。

また、関数を  $G(i_{dh}) = \text{sign}(i_{dh})$  とすると、第 4 図において  $\text{sign} 107$  を省略した構成と同等になる。  
25

### 実施の形態5.

第7図により、この発明の実施の形態5に係るモータ制御装置の処理動作について説明する。第7図において、1～10、11（11a、11b、11c、11d）、12は第1図と同様であり、その説明を省略する。第7図は、実施の形態1に係るモータ制御装置の構成を示した第1図に、位置制御部13を追加し、位置制御を行えるようにしたものである。

位置制御部13は、位置指令 $\theta_m^*$ と実検出位置 $\theta_m$ とを入力し、検出位置が位置指令に追従するようにP制御等を利用して位置制御を行い、速度指令 $w_m^*$ を、速度制御部1に出力する。

実施の形態5に係るモータ制御装置では、通常的位置制御動作を行いながら軸ずれの検出ができるという効果がある。

また、実施の形態5に係るモータ制御装置では位置ループを組むことにより、軸ずれ検出または補正後の最終的な絶対位置がずれる心配がないので、初期絶対位置を確保しながら補正したい場合など、初期位置から移動させたくない用途に使用できる。

また、実施の形態5に係るモータ制御装置では、絶対位置および位置指令に対する偏差を観測できるので、例えば偏差過大時にアラームでストップさせるとか、偏差の大きさに応じて重畳信号を変更するとかの対応ができる。

### 実施の形態6.

第8図により、この発明の実施の形態6に係るモータ制御装置の処理動作について説明する。第8図において、2～10、11（11a、11b、11c）、12は第1図と同様であり、その説明を省略する。第

7図は、速度指令がなくトルク制御モードで使用している場合など速度制御ができない場合に使用する一例で、q軸電流指令  $i_{qc}^*0$  を使用するようにしたものである。

- 5      トルク電流誤差演算部14は、速度演算部7から出力される実速度  $w_m$  と q 軸電流指令  $i_{qc}^*0$  とを入力し、例えば下式(7)の処理をする観測器を用いて、実際にモータで発生しているトルク電流誤差  $i_{qm}$  を推定する。

$$i_{qm} = (\omega_c / (s + \omega_c)) \cdot (i_{qc}^*0 - J/K_t \cdot s \omega_m) \dots$$

10      (7)

ここで、 $s$  は微分演算子、 $\omega_c$  は観測器の帯域である。

ただし、上式(7)の  $\omega_c / (s + \omega_c)$  は軸ずれ検出部の入力フィルタ部と組み合わせて簡略化することも可能である。

- 15      実施の形態5に係るモータ制御装置においては、トルク指令としての q 軸電流指令  $i_{qc}^*0$  は零である必要がないので、トルク指令が入っている通常動作状態で使用できるという効果がある。

また、q軸電流指令でなくトルク電流誤差の演算値を利用するので、軸ずれ角の絶対値が90度以上の場合においても、正しく軸ずれ検出ができるという効果がある。

20

ところで、上記実施の形態6に係るモータ制御装置では検出器を備えた例で説明したが、例えば検出器レスで、別の方法を使って位置または速度の推定を行っているような構成において適用することも可能である。

- 25      実施の形態7.

第9図により、この発明の実施の形態7に係るモータ制御装置の処理



動作について説明する。第9図は第8図に速度制御部1を追加して速度制御系を構成し、速度制御動作を行いながら軸ずれ検出を行うことができるようにしたもので、第9図において、2～10、11（11a、11b、11c）、12、14は第8図と同様であり、その説明を省略する。

また、第9図は、実施の形態1に係るモータ制御装置の構成を示した第1図に、トルク電流誤差演算部14を追加し、軸ずれ検出部11（11a、11b、11c）では、トルク電流誤差演算部14で推定したトルク電流誤差 $i_{qm}$ とd軸電流指令生成部10から出力されるd軸電流指令 $i_{dc}^*$ とを入力し、軸ずれ角推定値 $\Delta\theta^{\wedge}$ を出力するようにしたものである。

トルク電流誤差演算部14は、速度演算部7から出力される実速度 $w_m$ と速度制御部1から出力されるq軸電流指令 $i_{qc}^*$ とを入力し、例えば下式（8）の処理をする観測器を用いて、実際にモータで発生しているトルク電流誤差 $i_{qm}$ を推定する。

$$i_{qm} = (\omega_c / (s + \omega_c)) \cdot (i_{qc}^* - J/K_t \cdot s \omega_m) \dots \quad (8)$$

ここで、 $s$ は微分演算子、 $\omega_c$ は観測器の帯域である。

ただし、上式（7）の $\omega_c / (s + \omega_c)$ は軸ずれ検出部の入力フィルタ部と組み合わせて簡略化することも可能である。

実施の形態1および実施の形態5に係るモータ制御装置の軸ずれ検出部11（11a、11b、11c、11d）では、速度制御部1から出力されるq軸電流指令 $i_{qc}^*$ とd軸電流指令生成部10から出力されるd軸電流指令 $i_{dc}^*$ とを入力し、軸ずれ角推定値 $\Delta\theta^{\wedge}$ を出力するように

したものであるが、実施の形態7に係るモータ制御装置の軸ずれ検出部11(11a、11b、11c、11d)では、q軸電流指令 $i_{qc}^*$ を直接使用せず、速度演算部7から出力される実速度 $w_m$ と速度制御部1から出力されるq軸電流指令 $i_{qc}^*$ とから推定したトルク電流誤差 $i_{qm}$ とd軸電流指令生成部10から出力されるd軸電流指令 $i_{dc}^*$ とを入力し、軸ずれ角推定値 $\Delta\theta^*$ を出力するようにしたものである

実施の形態7に係るモータ制御装置においては、実速度に基づいて実モータのトルク電流誤差を演算してそれを用いて軸ずれ検出を行うようにしたので、速度制御応答が上げられず速度制御帯域が低い場合にも軸ずれ検出が可能となる。

また、q軸電流指令でなくトルク電流誤差の演算値を利用するので、軸ずれ角の絶対値が90度以上の場合においても正しく軸ずれ検出が可能となる。

15

実施の形態8.

第10図により、この発明の実施の形態7に係るモータ制御装置の処理動作について説明する。第108図において、2～9は第8図と同様であり、その説明を省略する。

20 実施の形態8に係るモータ制御装置におけるモータ制御の軸ずれ検出においては、制御をトルク制御モードに切り替え、q軸電流指令を零に設定し、d軸電流指令に正弦波または三角波を印加する。

軸ずれ検出部15では、d軸電流指令生成部10から出力されたd軸電流指令 $i_{dc}^*$ と速度演算部7から出力された実速度 $w_m$ とから軸ずれ角推定値 $\Delta\theta^*$ を推定し、表示部16およびメモリ17に出力する。表示部16は、軸ずれ角推定値 $\Delta\theta^*$ を7セグメント等により表示する。

25

また、軸ずれ補正部 18 は、メモリ 17 に格納された軸ずれ角推定値  $\Delta \theta^*$  と実検出位置  $\theta_m$  とを入力して、補正後の位置  $\theta_m'$  を出力する。

実施の形態 8 に係るモータ制御装置においては、推定した軸ずれ角推定値  $\Delta \theta^*$  を表示部 16 に表示するとともに、推定した軸ずれ角推定値  $\Delta \theta^*$  をメモリ 17 に格納し、実検出位置  $\theta_m$  に毎回加算することにより、軸ずれを抑制するようにしたので、エンコーダを取り付けなおした後、再び軸ずれ角を推定するという一連の作業を省けるという効果がある。

10      また、上記実施の形態 1 ～ 8 において、重畳信号として交流成分を利用すれば、静止摩擦や粘性摩擦や重力トルクなどのアンバランス負荷などによる低周波外乱の影響を除去することができ、軸ずれ検出精度が向上するという効果がある。また、交流成分を運転周波数やコギングトルク周波数成分と離れた周波数に設定することにより、それらの影響を排除できるという効果がある。また、交流成分を複数周波数成分にすることにより、交流成分の周波数範囲と運転周波数やコギングトルク周波数成分の範囲が重なる場合でも、その影響を受けにくくすることができるという効果がある。

20      また、上記実施の形態 1 ～ 8 においては、 $d$   $q$  軸電流の次元で計算した例について述べたが、トルクの次元に直して計算しても同様の効果が得られる。

また、上記実施の形態 1 ～ 8 においては、 $d$  軸電流指令に重畳信号を印加した例について述べたが、 $d$  軸実電流や  $d$  軸電圧に印加してもよい。

25      また、重畳信号として直流成分や複数周波数成分を含むことにより、ロバスト性を高めることも可能である。また、位置変動や速度変動の大

きさ、軸ずれ角の大きさに応じて、重畳信号の周波数や大きさを変更するようにしてもよい。

- また、上記実施の形態 1 ～ 8 においては、軸ずれ検出において q 軸電流指令  $i_{qc}^*$  またはトルク電流変動  $i_{qm}$  を利用した例について述べたが、これらは速度フィードバックに基づく諸量であればよいので、条件によってはそれらの代わりに、速度偏差  $\Delta \omega_m$  や q 軸電流指令の比例項もしくは積分項を利用しても同様の動作が得られることはいうまでもない。

- 10 上記モータ制御装置の制御対象である同期モータとしては、リニアモータ／回転型モータ等いずれの形式も使用可能である。

#### 産業上の利用可能性

- 15 以上のように、本発明のモータ制御装置においては、同期モータの軸ずれを精度よく検出できるので、同期モータをベクトル制御する用途に適している。

## 請 求 の 範 囲

1. 検出器で検出したモータまたはモータに接続された負荷の位置である検出位置から実速度を演算する速度演算部と、  
5 この実速度が速度指令に追従するように速度制御を行い、 $q$  軸電流指令を出力する速度制御部と、  
インバータ内で検出した三相電流を入力し、 $uvw$  三相静止座標系から  $dq$  同期回転座標系への座標変換を行って、 $d$  軸電流と  $q$  軸電流とを出力する  $uvw/dq$  座標変換部と、  
10  $d$  軸電流指令と前記  $q$  軸電流指令と前記  $d$  軸電流フィードバックと前記  $q$  軸電流フィードバックとを入力し、 $dq$  軸実電流が  $dq$  軸電流指令に一致するように電流制御を行い、 $d$  軸電圧指令と  $q$  軸電圧指令とを出力する電流制御部と、  
15 前記  $d$  軸電圧指令と前記  $q$  軸電圧指令と検出位置とを入力し、 $dq$  同期回転座標系から  $uvw$  三相静止座標系への座標変換を行って、三相電圧指令を出力する  $dq/uvw$  座標変換部と、  
この三相電圧指令を入力し、実際の三相電圧をモータに与えて、このモータを可変速駆動するインバータと、  
20 を有するモータ制御装置において、  
三角波または正弦波等の繰り返し波形の重畳信号を出力する重畳信号生成部と、  
 $d$  軸電流指令に、前記重畳信号生成部で生成した重畳信号を加算して、 $d$  軸電流指令を出力する  $d$  軸電流指令生成部と、  
25 この  $d$  軸電流指令と前記  $q$  軸電流指令とを入力して、軸ずれ角推定値を出力する軸ずれ検出部と、を備えたことを特徴とするモータ制御装置。



2. 位置指令と前記検出器で検出した検出位置とを入力し、検出位置が位置指令に追従するように位置制御を行い、速度指令を前記速度制御部  
に出力する位置制御部を備え、
- 5 前記重畳信号生成部は三角波または正弦波等の繰り返し波形の重畳信号を出力するようにしたことを特徴とする請求の範囲第1項に記載のモータ制御装置。
3. 検出器で検出したモータまたはモータに接続された負荷の位置である検出位置から実速度を演算する速度演算部と、
- 10 インバータ内で検出した三相電流を入力し、 $uvw$ 三相静止座標系から $dq$ 同期回転座標系への座標変換を行って、 $d$ 軸電流と $q$ 軸電流とを出力する $uvw/dq$ 座標変換部と、
- $d$ 軸電流指令と $q$ 軸電流指令と前記 $d$ 軸電流フィードバックと前記 $q$ 軸電流フィードバックとを入力し、 $dq$ 軸実電流が $dq$ 軸電流指令に一致するように電流制御を行い、 $d$ 軸電圧指令と $q$ 軸電圧指令とを出力する電流制御部と、
- 15 前記 $d$ 軸電圧指令と前記 $q$ 軸電圧指令と検出位置とを入力し、 $dq$ 同期回転座標系から $uvw$ 三相静止座標系への座標変換を行って、三相電圧指令を出力する $dq/uvw$ 座標変換部と、
- 20 この三相電圧指令を入力し、実際の三相電圧をモータに与えて、このモータを可変速駆動するインバータと、
- を有するモータ制御装置において、
- 三角波または正弦波等の繰り返し波形の重畳信号を出力する重畳信号生成部と、
- 25  $d$ 軸電流指令に、重畳信号生成部で生成した重畳信号  $i_{dh}$  を加算して、

- d 軸電流指令を出力する d 軸電流指令生成部と、  
速度演算部から出力される実速度と q 軸電流指令とを入力し、実際にモータで発生しているトルク電流誤差を推定するトルク電流誤差演算部と、  
前記 d 軸電流指令と前記トルク電流誤差とを入力して、軸ずれ角推定値  
5   を出力する軸ずれ検出部と、  
を備えたことを特徴とするモータ制御装置。
4. 実速度が速度指令に追従するように速度制御を行い、q 軸電流指令を出力する速度制御部を備え、  
10   前記重畳信号生成部は三角波または正弦波等の繰り返し波形の重畳信号を出力するようにしたことを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載のモータ制御装置。
5. 前記軸ずれ検出部から出力された軸ずれ角推定値と前記検出器で検  
15   出した検出位置とを入力して、補正後の位置を演算し、前記 d q / u v w 座標変換部および前記 u v w / d q 座標変換部に出力する軸ずれ補正部を備え、  
前記 d q / u v w 座標変換部および前記 u v w / d q 座標変換部は補正後の位置に基づき座標変換を行うようにしたことを特徴とする請求の範囲第 1 項から請求の範囲第 4 項のいずれかに記載のモータ制御装置。  
20
6. 前記軸ずれ検出部は、  
d 軸電流指令をフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用 d 軸信号を出力する第 1 の入力フィルタと、  
25   q 軸電流指令または、トルク電流誤差をフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用 q 軸信号を出力する第 2 の入力フィルタと、

前記軸ずれ検出用 d 軸信号と前記軸ずれ検出用 q 軸信号とを乗算して適応入力を演算する適応入力演算部と、

この適応入力にゲインを掛けて積分入力を生成するゲイン部と、

この積分入力を積分して軸ずれ角推定値を出力する積分器と、

- 5   を備えたことを特徴とする請求の範囲第 1 項から請求の範囲第 5 項のいずれかに記載のモータ制御装置。

7. 前記軸ずれ検出部は、

d 軸電流指令をフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用 d 軸信号を出力する

- 10   第 1 の入力フィルタと、

この軸ずれ検出用 d 軸信号の関数を演算する可変ゲイン演算部と、

q 軸電流指令または、トルク電流誤差をフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用 q 軸信号を出力する第 2 の入力フィルタと、

- 15   前記軸ずれ検出用 d 軸信号の関数と前記軸ずれ検出用 q 軸信号とを乗算して適応入力を演算する適応入力演算部と、

この積分入力を積分して軸ずれ角推定値を出力する積分器と、

を備えたことを特徴とする請求の範囲第 1 項から請求の範囲第 5 項のいずれかに記載のモータ制御装置。

- 20   8. 前記軸ずれ検出部は、

d 軸電流指令をフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用 d 軸信号を出力する第 1 の入力フィルタと、

この軸ずれ検出用 d 軸信号の符号を検出し、符号付きの軸ずれ検出用 d 軸信号を出力する第 1 の符号検出器と、

- 25   q 軸電流指令または、トルク電流誤差をフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用 q 軸信号を出力する第 2 の入力フィルタと、

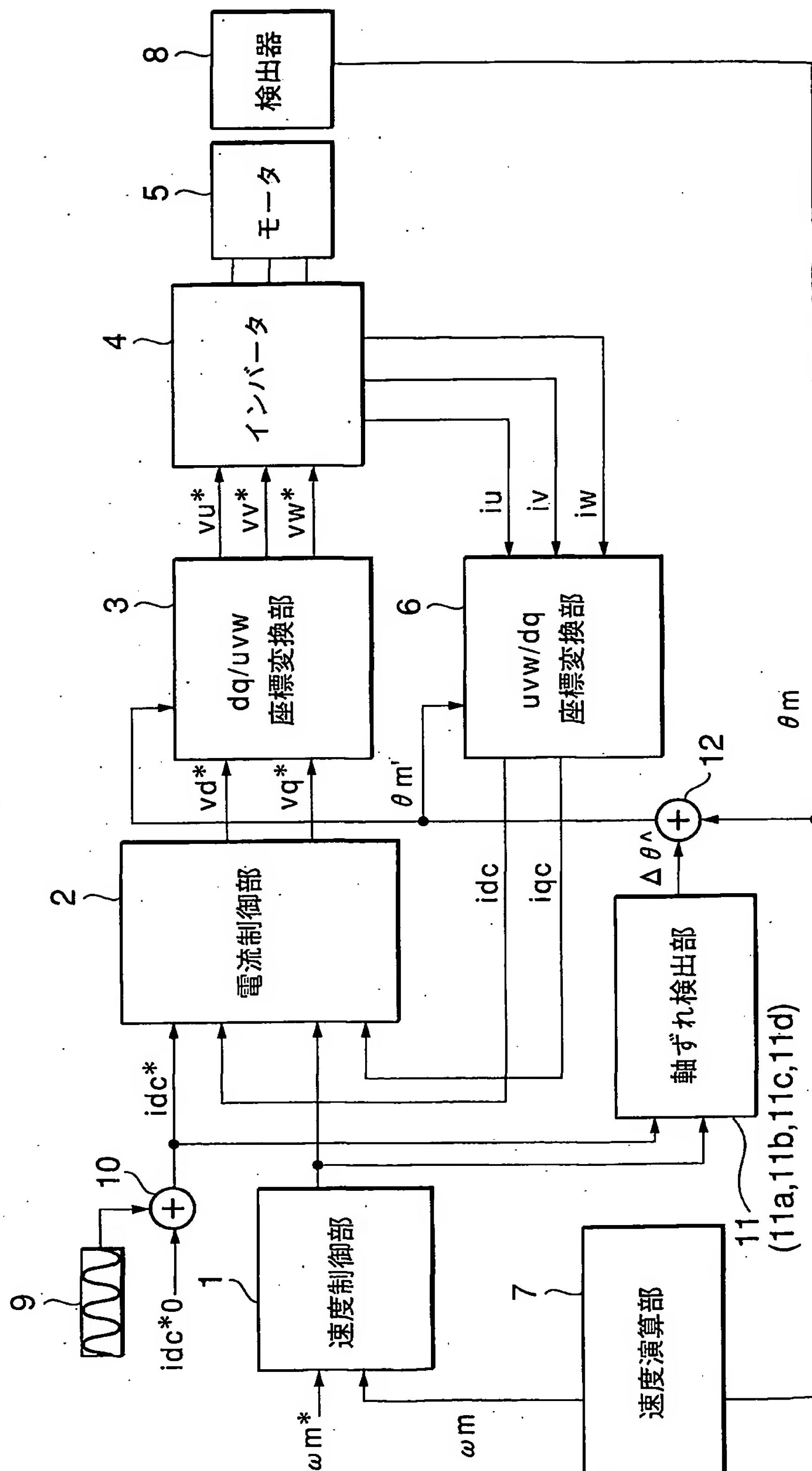
- この軸ずれ検出用 q 軸信号の符号を検出し、符号付きの軸ずれ検出用 q 軸信号を出力する第 2 の符号検出器と、  
前記符号付きの軸ずれ検出用 d 軸信号と前記符号付きの軸ずれ検出用 q 軸信号とを乗算して符号付きの適応入力を演算する適応入力演算部と、  
5 この符号付きの適応入力にゲインを掛けて積分入力を生成するゲイン部と、  
この積分入力を積分して軸ずれ角推定値を出力する積分器と、  
を備えたことを特徴とする請求の範囲第 1 項から請求の範囲第 5 項のいずれかに記載のモータ制御装置。
- 10
9. 前記軸ずれ検出部は、  
d 軸電流指令をフィルタ処理を行い、軸ずれ検出用 d 軸信号を出力する第 1 の入力フィルタと、  
q 軸電流指令または、トルク電流誤差をフィルタ処理を行い、軸ずれ検  
15 出用 q 軸信号を出力する第 2 の入力フィルタと、  
前記入力フィルタでフィルタ処理を行った軸ずれ検出用 d 軸信号と後述の軸ずれ角推定値とを乗算し、推定出力を出力する推定出力演算部と、  
前記入力フィルタでフィルタ処理を行った軸ずれ検出用 q 軸信号と前記推定出力演算部から出力された推定出力との差を取って軸ずれ誤差を  
20 出力する軸ずれ誤差演算部と、  
この軸ずれ誤差演算部から出力された軸ずれ誤差にゲインを掛けて積分入力を出力する可変ゲイン部と、  
この可変ゲイン部から出力された積分入力を積分して軸ずれ角推定値を得る積分器と、  
25 を備えたことを特徴とする請求の範囲第 1 項から請求の範囲第 5 項のいずれかに記載のモータ制御装置。

10. 検出器で検出したモータまたはモータに接続された負荷の位置で  
ある検出位置から実速度を演算する速度演算部と、  
インバータ内で検出した三相電流を入力し、 $uvw$ 三相静止座標系から  
5  $dq$ 同期回転座標系への座標変換を行って、 $d$ 軸電流と $q$ 軸電流とを出力する $uvw/dq$ 座標変換部と、  
 $d$ 軸電流指令と $q$ 軸電流指令と前記 $d$ 軸電流フィードバックと前記 $q$ 軸電流フィードバックとを入力し、 $dq$ 軸実電流が $dq$ 軸電流指令に一致するように電流制御を行い、 $d$ 軸電圧指令と $q$ 軸電圧指令とを出力する  
10 電流制御部と、  
前記 $d$ 軸電圧指令と前記 $q$ 軸電圧指令と検出位置とを入力し、 $dq$ 同期回転座標系から $uvw$ 三相静止座標系への座標変換を行って、三相電圧指令を出力する $dq/uvw$ 座標変換部と、  
この三相電圧指令を入力し、実際の三相電圧をモータに与えて、このモ  
15 ータを可変速駆動するインバータと、  
を有するモータ制御装置において、  
 $q$ 軸電流指令を零に設定するとともに三角波または正弦波等の繰り返し波形の重畳信号を出力する重畳信号生成部と、  
 $d$ 軸電流指令に、重畳信号生成部で生成した重畳信号を加算して、 $d$ 軸  
20 電流指令を出力する $d$ 軸電流指令生成部と、  
この $d$ 軸電流指令と前記 $q$ 軸電流指令とを入力して、軸ずれ角推定値を出力する軸ずれ検出部と、  
この軸ずれ角推定値を表示する表示部と、  
この軸ずれ角推定値を格納するメモリと、  
25 このメモリに格納された軸ずれ角推定値と前記検出位置とを入力して、補正後の位置を出力する軸ずれ補正部と、

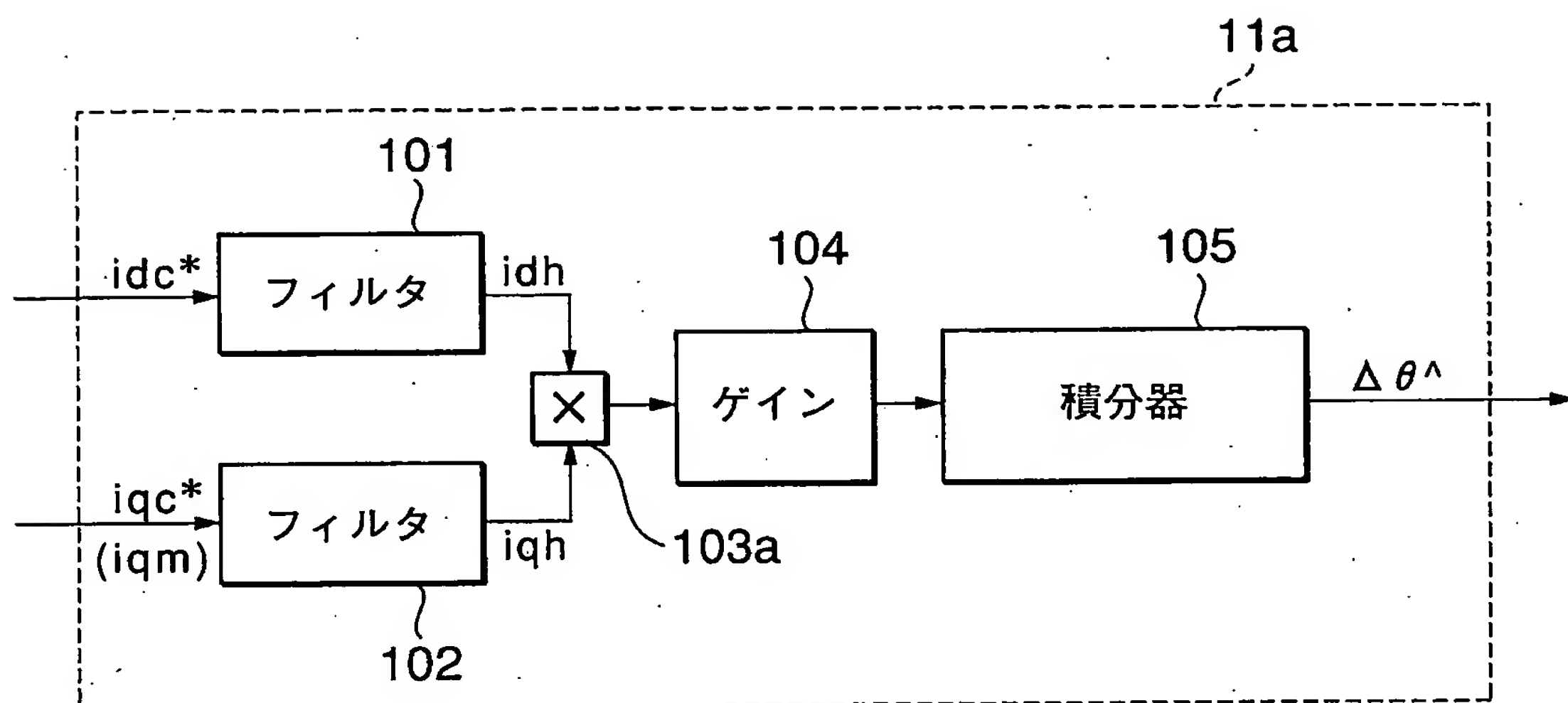
を備えたことを特徴とするモータ制御装置。



第1図



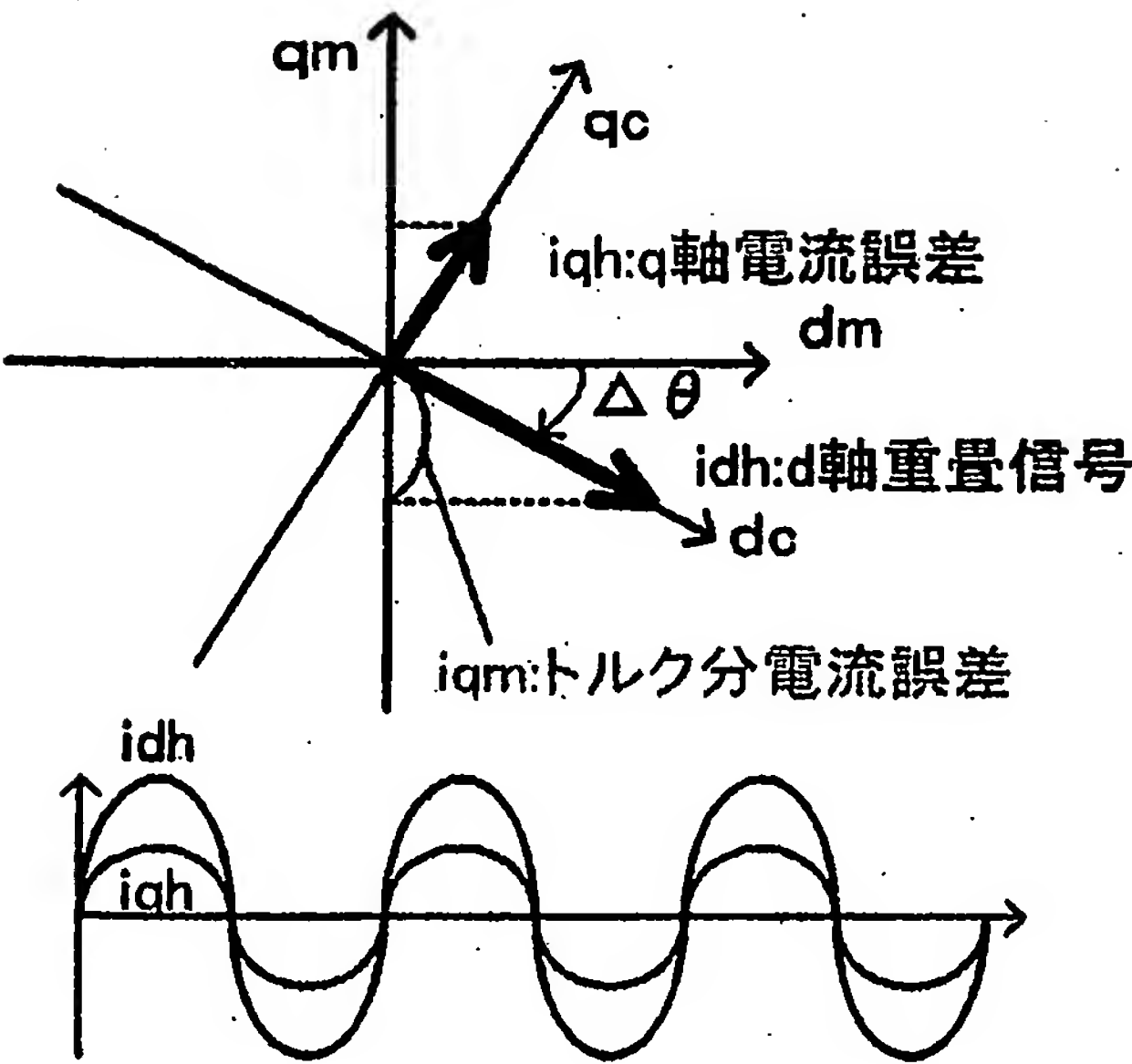
第2図



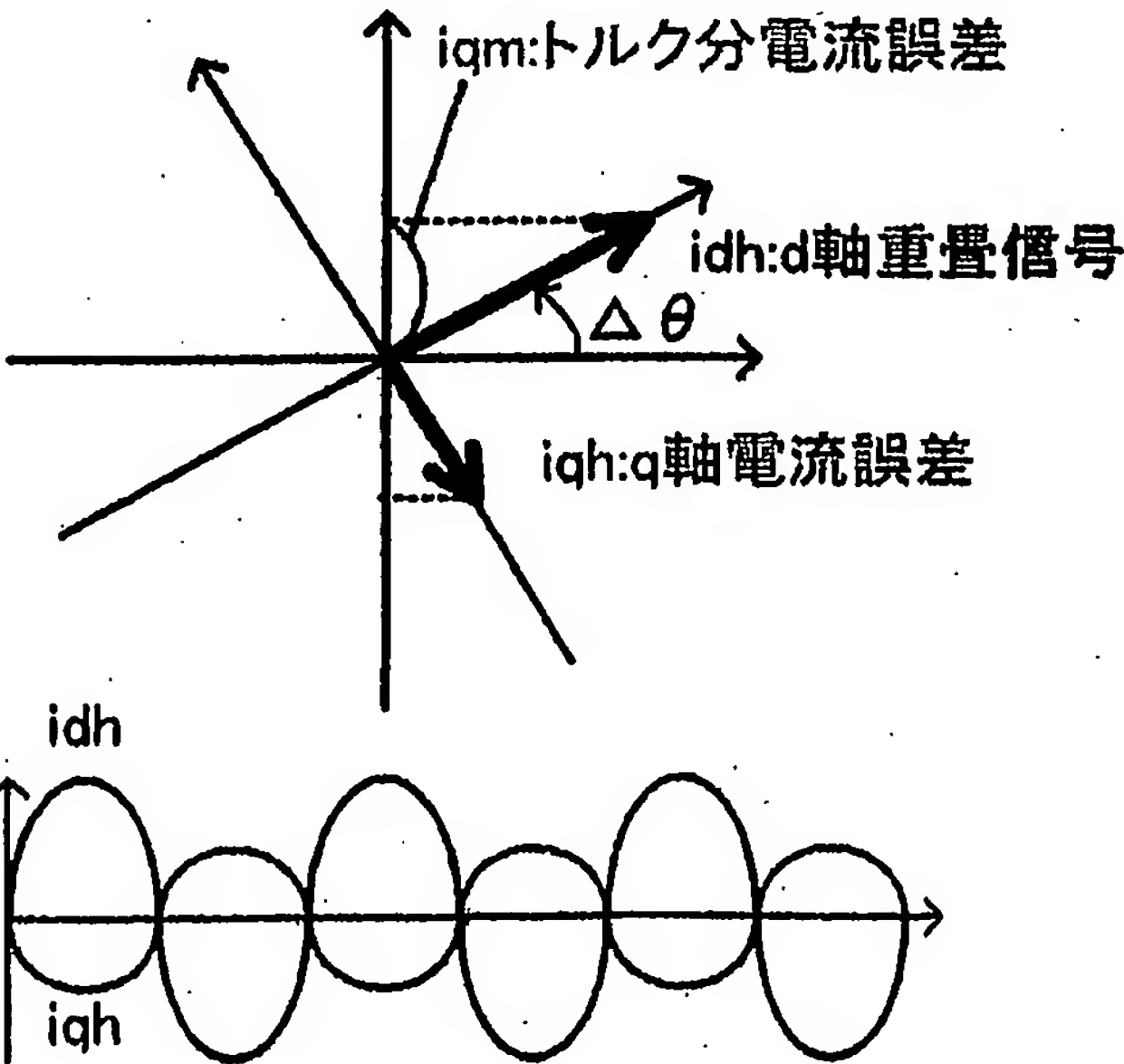
3 / 1 0

第 3 図

(a)

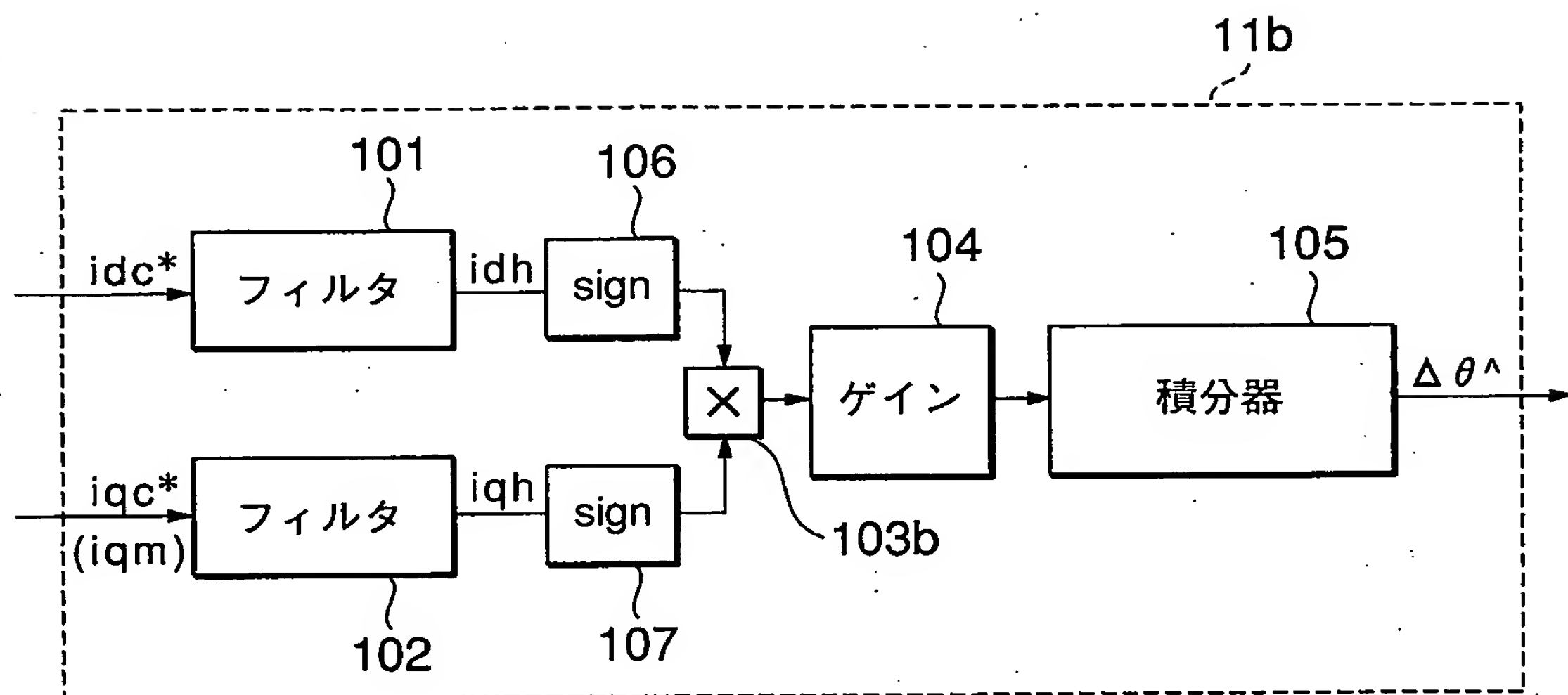


(b)

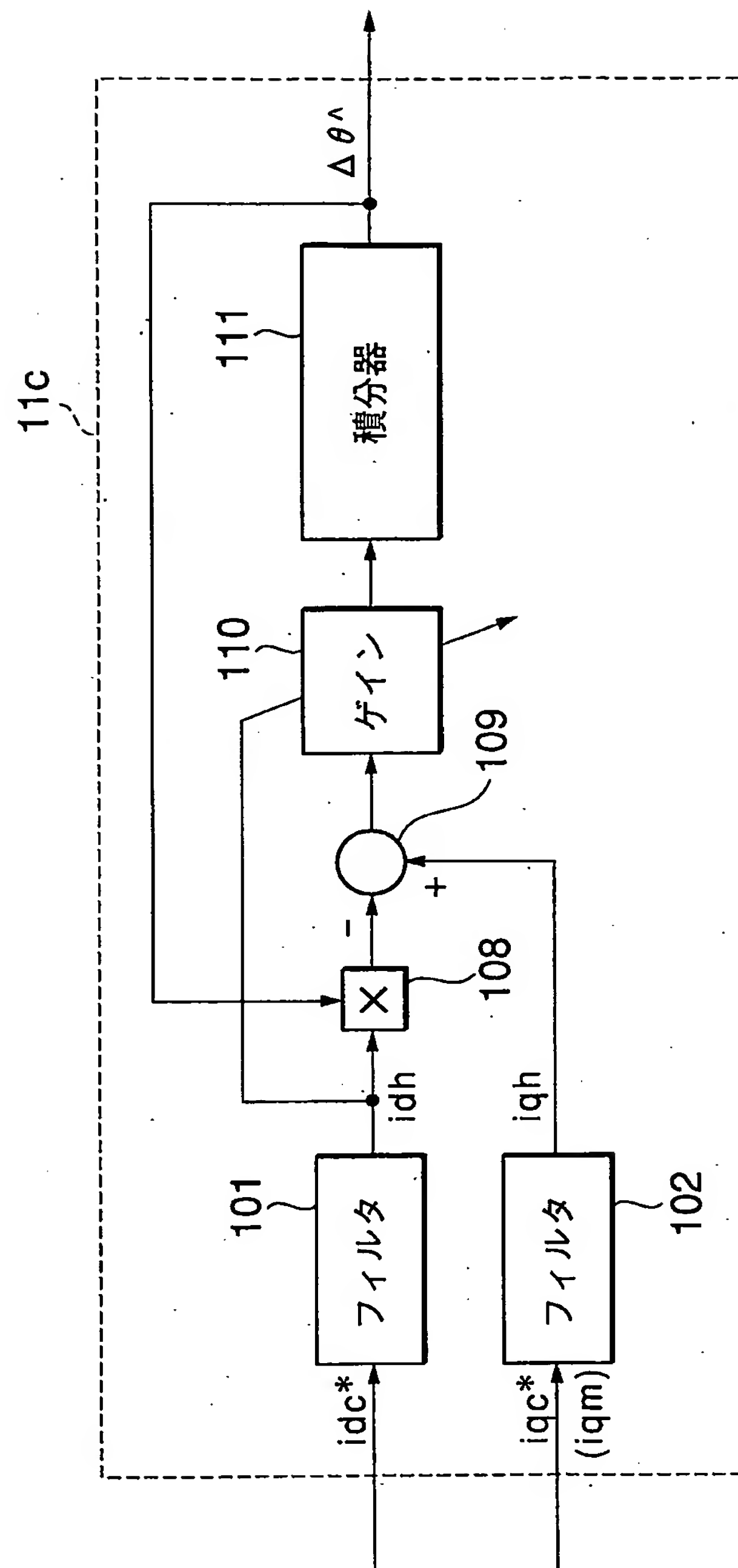


4 / 10

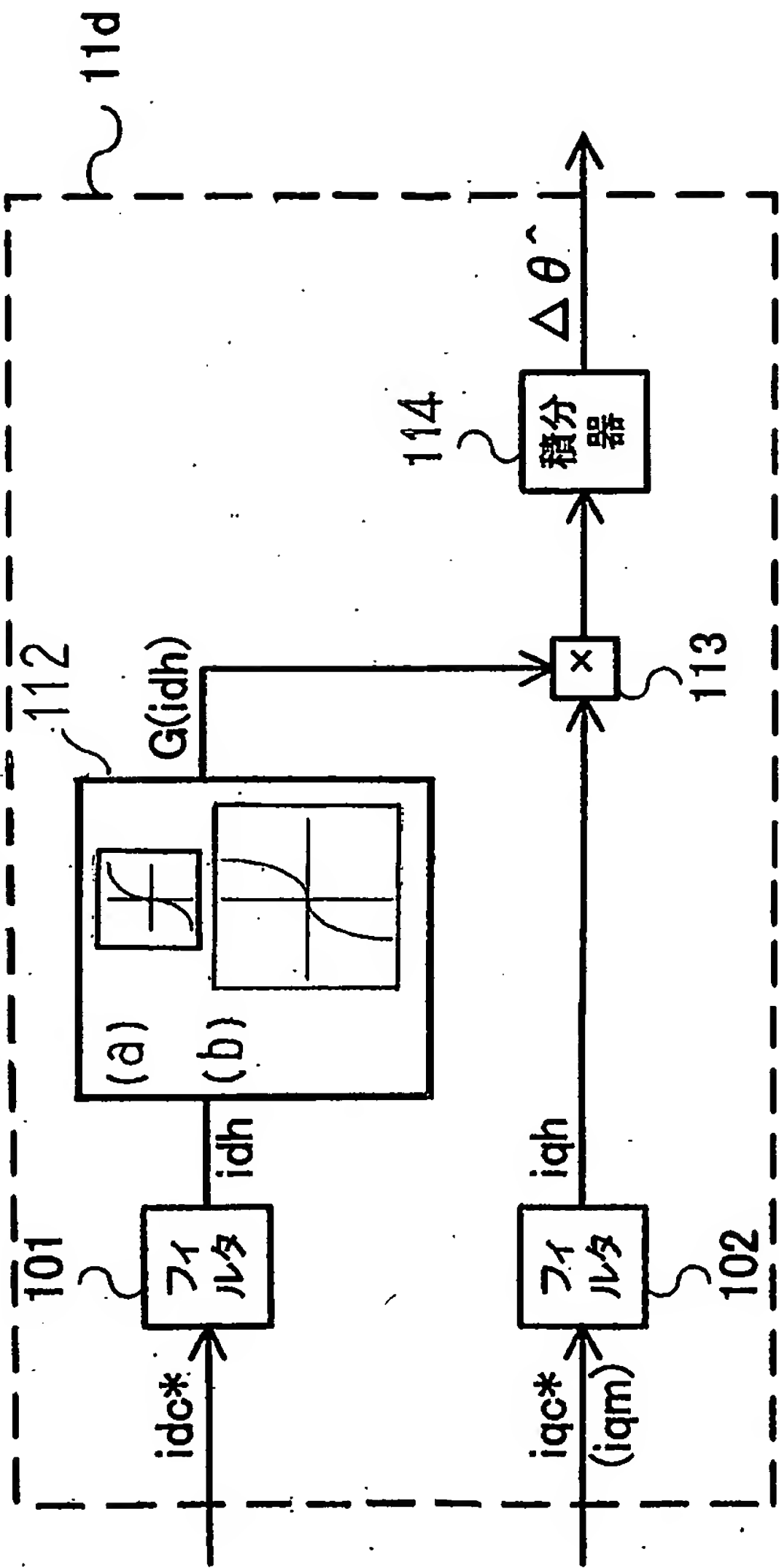
第4図



第5図

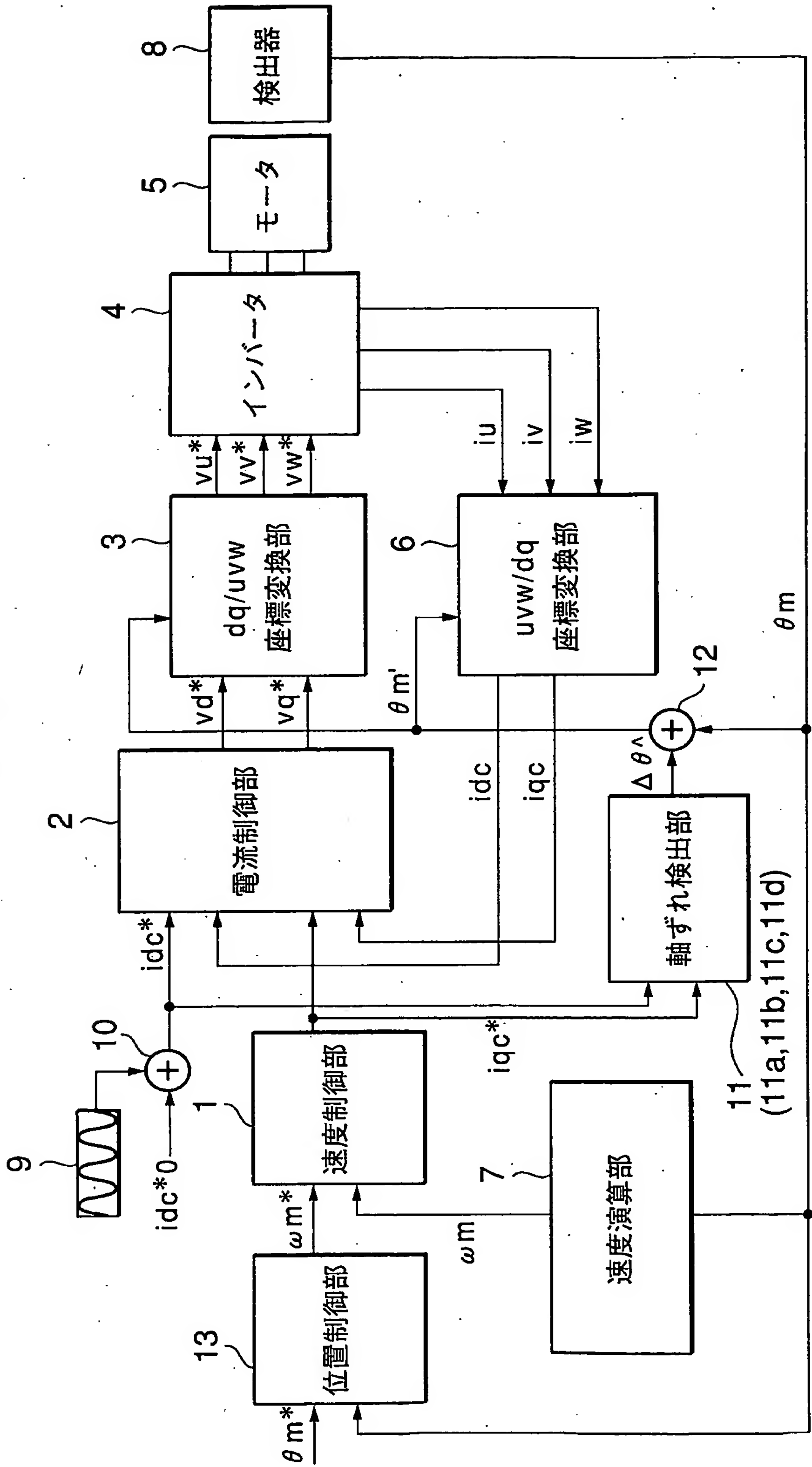


第6図

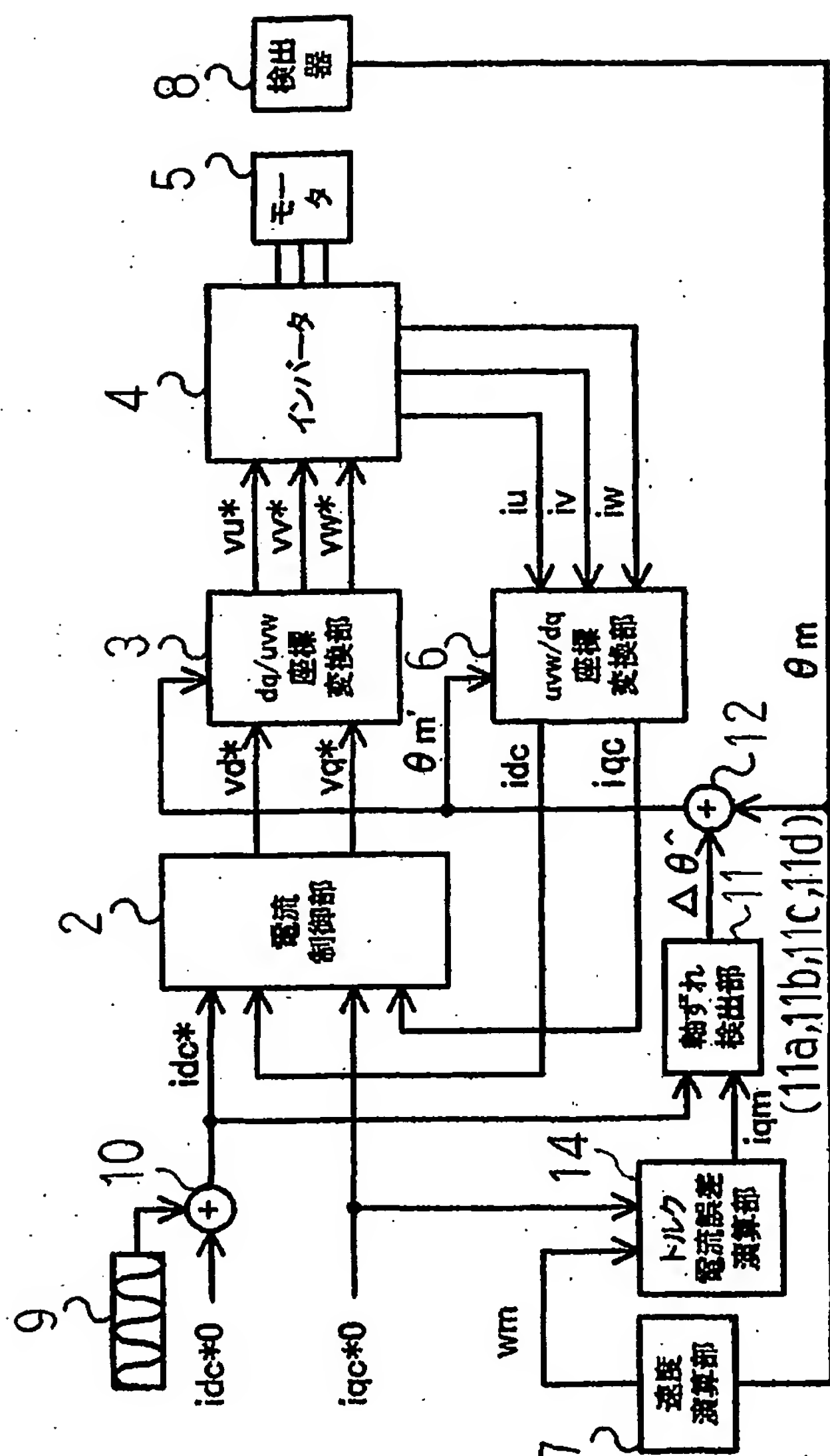




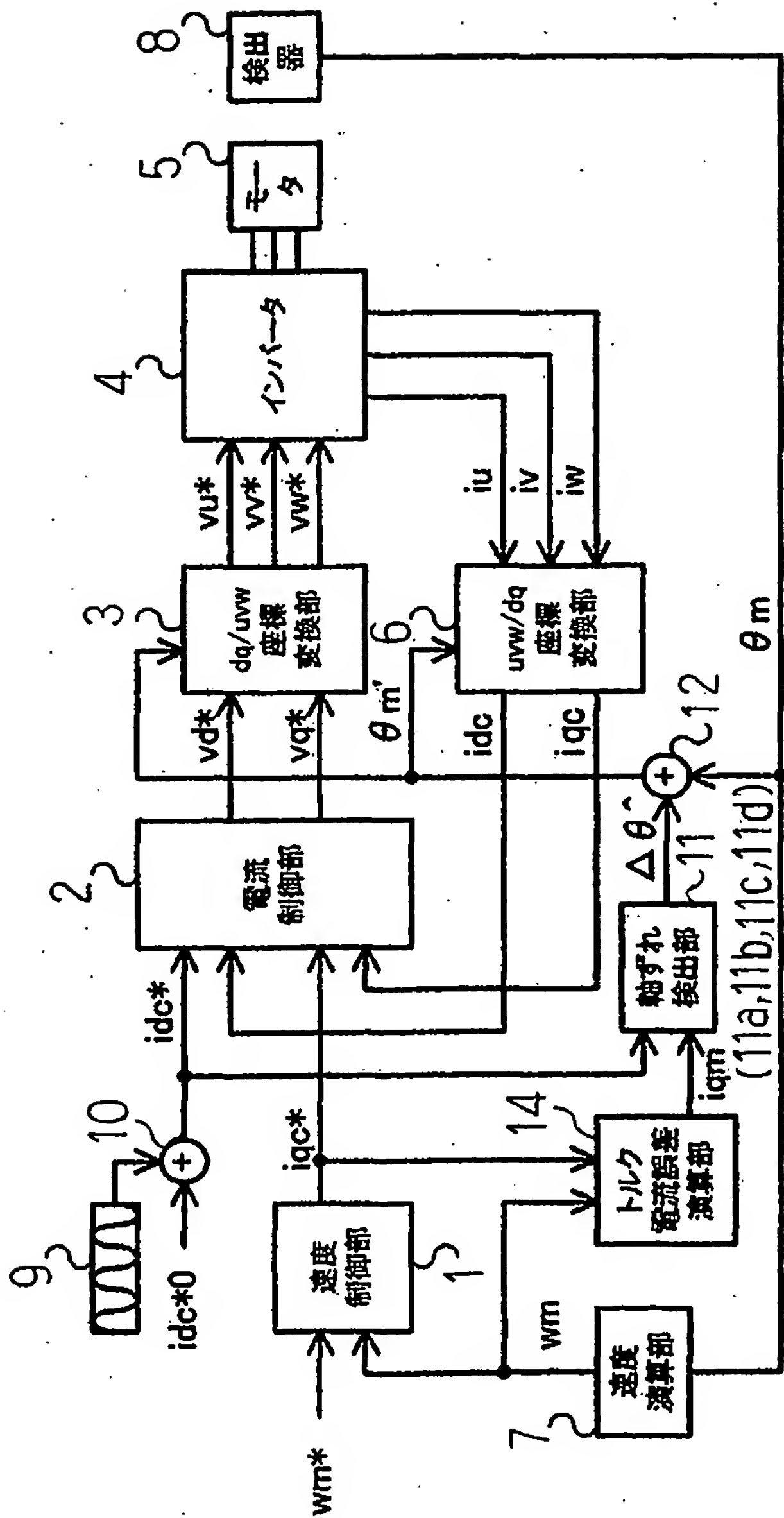
第7図



第8図

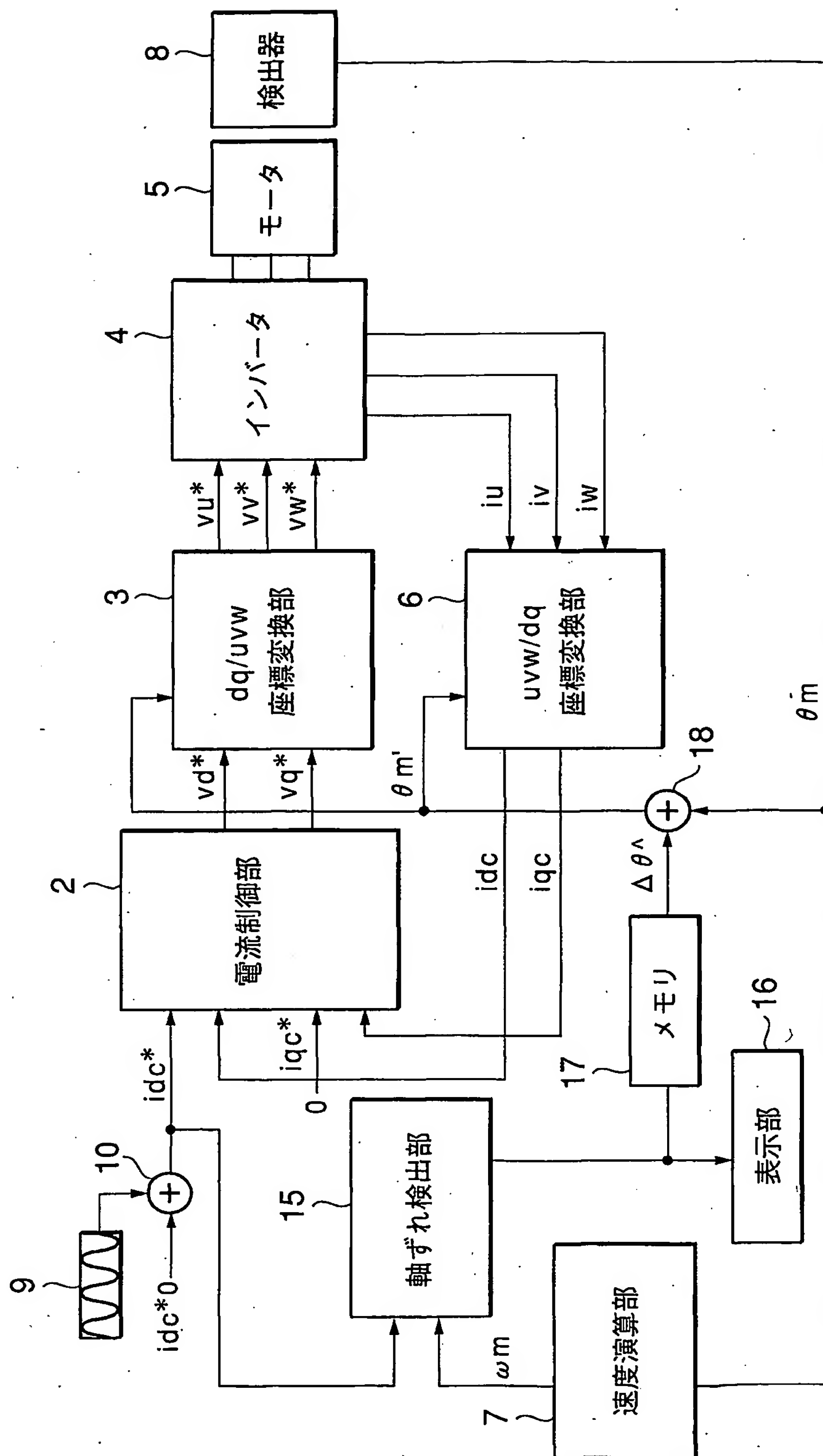


第9図



10 / 10

第10図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/000028

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H02P21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H02P21/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2000-102299 A (Hitachi, Ltd.), 07 April, 2000 (07.04.00), Par. Nos. [0007] to [0054]; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-5 6-10
A	JP 2003-348896 A (Meidensha Corp.), 05 December, 2003 (05.12.03), Par. Nos. [0049] to [0154]; Figs. 1 to 19 (Family: none)	6-10
A	JP 2001-69799 A (Yaskawa Electric Corp.), 16 March, 2001 (16.03.01), Par. Nos. [0004] to [0019]; Figs. 1 to 6 (Family: none)	6-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
05 July, 2004 (05.07.04)

Date of mailing of the international search report  
27 July, 2004 (27.07.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.